

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-275493

(43)Date of publication of application : 30.09.1994

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G02B 27/28

G03B 27/32

G03F 1/08

G03F 7/20

(21)Application number : 05-060593

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 19.03.1993

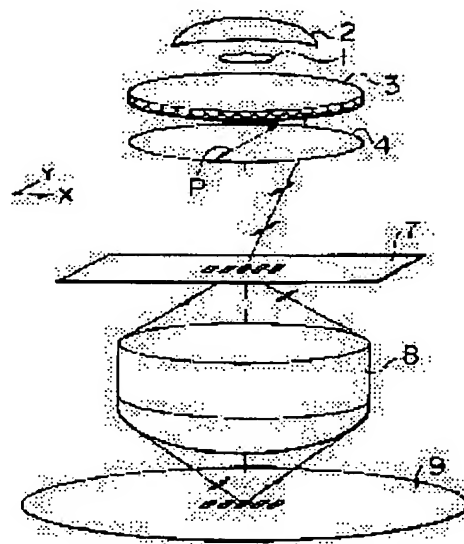
(72)Inventor : ASAI SATORU

(54) PROJECTION EXPOSURE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a light projection exposure wherein resolution is higher than of conventional phase shift mask and diagonal incident lighting by transferring a pattern containing a repetition of long shape in one direction using the exposure light linearly polarized in one direction.

CONSTITUTION: On the upper side of a light source 1, a reflection mirror 2 is assigned, so that the light reflected upward is reflected downward. On the lower side of the light source 1, a fly-eye lens 3 is assigned, for the incident light evenly poured on a mask 7. Between the fly-eye lens 3 and mask 7, a polarizing plate 4 is assigned. On the mask 7, a pattern containing a repetition of long configuration in Y direction formed. At that time, polarization direction P of the polarizing plate 4 is set in Y direction so that it is parallel to the direction of pattern on the mask 7. The light that has passed through the pattern of mask 7 generates diffracted light, and it is condensed with a projection lens 8, to be focused on a wafer 9. At that time, the polarized light incident on the wafer 9 images on the wafer 9.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

(51)IntCl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027				
G 0 2 B 27/28	Z	9120-2K		
G 0 3 B 27/32	F	8102-2K		
		7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	3 1 1 L
		7352-4M		3 1 1 W
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 8 頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号 特願平5-60593

(22)出願日 平成5年(1993)3月19日

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72)発明者 浅井 了

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74)代理人 弁理士 高橋 敬四郎

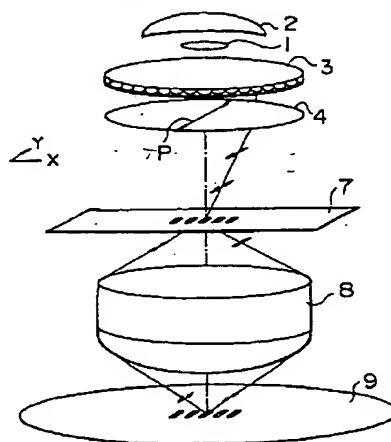
(54)【発明の名称】 投影露光

(57)【要約】

【目的】 微細パターンを露光するのに適した投影露光に関し、従来の位相シフトマスクや斜入射照明よりも、さらに解像度の高い光投影露光を実現することを目的とする。

【構成】 一方向に長い形状の繰返しを含むパターンを前記一方向に沿って直線偏光した露光光を用いて転写する。

実 施 例



- 1 ... 光源
- 2 ... 反射鏡
- 3 ... フライアイレンズ
- 4 ... 偏光板
- 7 ... マスク
- 8 ... 投影レンズ
- 9 ... ウエハ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 一方向に長い形状の繰り返しを含むパターンを前記一方向に沿って直線偏光した露光光を用いて転写する投影露光方法。

【請求項2】 前記パターンが位相シフトマスクパターンである請求項1記載の投影露光方法。

【請求項3】 パターン法線を含んで前記一方向に垂直な面を入射面とし、その面内で斜めの方向を主たる方向とする前記露光光がパターンに入射する請求項1記載の投影露光方法。

【請求項4】 露光光を発する光源(1)と、前記光源から発した光をパターン上に照射する光学系(2、3)と、前記光源から発した光が該パターンに到達するまでの光路上に配置され、該パターンを照射する光を直線偏光させる偏光子(4、6)とを有する投影露光装置。

【請求項5】 さらに、前記光源から発した光が前記パターンに到達するまでの光路上に配置され、光軸を挟んで対向する開口部を有し、該パターンを照射する光の入射方向を制限するしほり部材(5)を有する請求項4記載の投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、投影露光に関し、特に微細パターンを露光するのに適した投影露光に関する。

【0002】

【従来の技術】近年の半導体装置の高速化、高集積化に伴い、ますます微細なパターン形成が要求されている。光を用いたホトリソグラフィとしては、分解能の限界を打ち破るために、位相シフトマスクや斜入射照明が注目されている。

【0003】また、光を用いたホトリソグラフィの限界を打ち破り、解像度を向上させるために、X線を用いたX線露光法や、電子ビームを用いた電子ビーム露光法も提案され、利用されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】X線露光法は、光学系の実現が容易でなく、装置も大型になりやすい。また、電子ビーム露光法は、高い解像度を実現できるが、スループットが低い。

【0005】位相シフトマスクや斜入射照明は、高いスループットを実現することができるが、解像度の限界に近付いている。本発明の目的は、従来の位相シフトマスクや斜入射照明よりも、さらに解像度の高い光投影露光を実現することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の投影露光方法は、一方向に長い形状の繰り返しを含むパターンを前記一方向に沿って直線偏光した露光光を用いて転写する。

【0007】

【作用】一方向に長い形状の繰り返しを含むパターンを投影露光する際、繰り返しピッチが短くなると、0次光、1次光のなす角度は次第に大きくなる。複数次の光を結像面上に集光するために、高い開口数を有する投影レンズが使用される。

【0008】しかしながら、開口数が大きくなり、結像面上に入射する複数次の回折光のなす角度が大きくなると、光の偏光方向によっては干渉を生じなくなる。すなわち、結像を生じない。結像を生じない光は雑音成分となり、解像度を劣化させる。

【0009】パターンの方向と揃った直線偏光を露光光として使用することにより、結像面に入射する複数次の回折光を効率的に干渉させることができる。

【0010】

【実施例】本発明の実施例を説明する前に、位相シフトマスクや斜入射照明等の位相差を利用した露光技術について説明する。

【0011】図5(A)は、位相シフトマスクを概略的に示す。石英等の透明基板22の表面上に、クロム等の遮光性金属膜23が選択的に形成され、開口を画定する。隣接する開口のうち一方には、SiO₂膜等の位相シフタ24が形成される。

【0012】位相シフタ24の厚さは、位相シフタのない開口を通過する光に対し、位相シフタを通過する光の位相を遅らせ、たとえば半波長の位相差を生じさせるように選択する。

【0013】したがって、隣接する開口を通過した光線21a、21bに関して、位相シフタのない開口を通過した光21aは、位相シフタのある開口を通過した光21bよりも半波長位相が進んでいる。このような逆位相の波は、干渉を生じた時に相殺し、光強度を減少させる。

【0014】図5(B)は、斜入射照明を説明するための概略図である。石英等の基板22の上に、クロム等の遮光膜23が選択的に形成され、隣接する開口を画定している。

【0015】この隣接する開口に対し、傾いた方向から光21a、21bを照射する。マスクを通過した時点で、考察すると、光線21bは、光線21aよりも長い光路を通過しているため、その位相が遅れる。位相差を半波長に選択すれば、2つの開口の中央かつ基板法線方向上でこれら2種類の光が干渉を生じた時には光の強度が減少する。

【0016】図5(C)は、このような逆位相を有する2種類の光の干渉によって、光の振幅がどのように変化するかを概略的に示す。曲線aで示すような振幅を有する光と、曲線bで示すような逆位相の振幅を有する光が干渉すると、曲線cで示すような光の振幅が得られる。ここで、2つの光線が重複する領域においては、光の位相が逆位相であるため、振幅の減少が生じる。

【0017】図5(D)は、このような干渉を生じた光の強度分布を示す。回折によって捻がった逆位相の光が、その中間の裾の部分において重なり、その振幅を減少させる。したがって、光の強度も減少する。このように、位相差を有する2光線を干渉させることにより、回折によって捻がった光の分布幅を制限することが可能になる。

【0018】図6は、位相シフトマスクの機能を説明するための概略図である。光線25、26がマスクに入射し、一方は位相シフトを通過して出射する。出射光線25c、26cはその一方、たとえば26cが他方の光線25cに対して半波長分位相差を有する。このような逆位相の光は、干渉した時に振幅にしたがって強度を減少させる。

【0019】投影面上に結像を生じさせるためには、2つの光線25、26から生じた少なくとも-1次回折光25a、26aと、1次回折光25b、26bを投影面上で干渉させる必要が生じる。

【0020】2つの光線25、26のピッチpに対して、-1次回折光の生じる方向を考察する。光線26aが光線25aに対して有する光路差は、図6(A)右側に示すように、 $p \cdot \sin \theta$ となる。-1次回折光についても光路差は同様である。

【0021】ピッチpが大きければ、多数次の回折光が投影レンズに入射するが、ピッチpの減少と共に、投影レンズに入射する光の次数は低下する。したがって、高解像度を求める場合、0次光、1次光の振る舞いが重要となる。

【0022】位相シフトマスクにおいては、隣接する開口の一方には位相シフトが形成されるため、出射光の位相は π ずれている。したがって、 $p \cdot \sin \theta$ が π に等しくなる方向に、 ± 1 次回折光が生じる。1次回折光の生じる角度 θ は、ピッチpが小さくなるほど大きくなる。

【0023】図6(B)は、このような位相シフトマスクを用いた場合の結像系を概略的に示す。光源からの光は、マスク照明用の集光レンズ31を介して、位相シフトマスク32上に照射する。この時、光束の中心光線34は、位相シフトマスク32に対して垂直に照射される。

【0024】位相シフトマスク32を通過した光は、逆位相の2光束となり、上に説明したように、直進する0次光35は、干渉によって相殺する。両光束の光強度がほぼ等しければ、全体として光強度はほぼ消滅し、-1次光36と1次光37が主な光線となる。これら2種類の光線36、37を投影レンズ33で投影面上に照射することにより、結像が生じる。

【0025】図7は、斜入射照明露光を説明するための概略図である。図7(A)は、斜入射照明露光における光の振る舞いを概略的に示す。集光レンズ41の下に、

二分割状の開口部を有するしぼり板40が配置される。

【0026】集光レンズ41に入射した光は、しぼり板40の開口を通過する光のみがマスク42に入射する。したがって、マスク42に入射する光44は、マスク42に対して角度 θ 傾いている。

【0027】このように、法線に対して傾いた光が隣接する開口に入射すると、図5(B)に関連して説明したように、隣接する開口間で位相差が生じる。基板法線方向に進む光は干渉で相殺され、回折光は直進する0次光45の他、-1次光46、1次光47等が生じる。図に示した状態においては、0次光45と1次光47が投影レンズ43によって集光され、投影面上に照射される。

【0028】マスク42上の隣接開口間のピッチpが小さくなるにつれ、0次光45と1次光47のなす角度は大きくなるため、これらの光を集光するためには、大きな開口数を有する投影レンズ43を用いる必要がある。

【0029】図7(B)は、斜め入射照明露光の光学系を概略的に説明するための図である。集光レンズ41、マスク42、投影レンズ43が光軸上に配列されている。集光レンズ41からマスク42上に、斜めに入射する光の進行方向が光軸となす角度を θ_1 とする。また、マスク42から発する光が、投影レンズ43の最外側を通過する場合の光軸となす角度を θ_2 とする。

【0030】投影レンズ43の最外側を通過した光線が、投影面上に進む場合、その光が光軸となす角度を θ とする。ここで、

$$\sigma = \sin \theta_1 / \sin \theta_2,$$

$$\sin \theta_2 = NA / m,$$

$$NA = \sin \theta_1,$$

である。なお、NAは開口数、 $1/m$ は縮小率である。

【0031】この時、

$$\sin \theta_1 = \sigma \cdot \sin \theta_2 = \sigma \cdot (NA / m)$$

となる。

【0032】書き換えれば、

$$\theta_1 = \sin^{-1} [\sigma \cdot (NA / m)]$$

となる。

【0033】マスク42に入射する光線のなす角度 θ_1 の最大角度は、

$$\theta_1 = \theta_2$$

である。この時、 $\sigma = 1$ となる。

【0034】斜入射照明露光においては、光軸に沿って進む光は、解像度を低減させる原因となるため、入射光の角度 θ_1 をある程度以上に大きくすることが望まれる。たとえば、

$$0.4 \leq \sigma \leq 1$$

とすることが好ましい。

【0035】図8は、偏光による結像能力の差を説明するための概略図である。マスク上にラインアンドスペースの平行パターンが形成されているとする。図8(A)は、ラインアンドスペースのパターン方向に平行な偏光

を用いた場合の結像を説明する図である。

【0036】マスク7の上には、紙面と垂直な方向にラインアンドスペースのパターンが形成されているとする。このマスク7に、紙面と垂直な方向に偏光した直線偏光が垂直に入射するとする。すなわち、偏光の方向とパターンの方向は平行である。

【0037】マスク7を通過した後、-1次回折光15と1次回折光16が、図のように生じ、投影レンズ8によって集光され、ウエハ9等の露光面上に入射するとする。この時、偏光方向は、常に紙面に垂直方向であり、-1次回折光15と1次回折光16の偏光方向は等しい。したがって、ウエハ9上で-1次回折光15と1次回折光16は干渉を生じ、結像する。

【0038】図8(B)は、ラインアンドスペースパターンの方向と偏光方向が、垂直な場合の光の振る舞いを示す。マスク7は、図8(A)に関して説明したのと同様に、紙面に垂直な方向にラインアンドスペースパターンを有するとする。このマスク7に、垂直な方向から紙面内で偏光方向を有する直線偏光が入射するとする。

【0039】マスク7を通過して生じた-1次回折光15と1次回折光16の偏光方向は、それぞれ紙面内にあり、光の進行方向に垂直である。投影レンズ8によって集光され、ウエハ9上に照射する光の偏光方向も、図に示すように、光線の進行方向に垂直であり、紙面内に存在する。

【0040】図から明らかなように、-1次回折光15と1次回折光16のなす角度が大きくなれば、偏光方向は互いに交差し、-1次回折光15と1次回折光16の干渉する度合いは低減する。

【0041】もし、-1次回折光15と1次回折光16がなす直角成分においては、干渉は全く生じない。すなわち、これら2つの光は結像せず、雑音成分となってしまう。

【0042】本発明は、これらの考察に基づき、結像面上で有効な干渉を生じる光のみを用いる露光方法を提案する。図1は、本発明の実施例による露光方法を説明するための概略図である。光源1は、たとえば超高圧水銀ランプである。光源1の上側には反射鏡2が配置され、上側に発射した光を反射し、下側に向ける。

【0043】光源1の下側にはフライアイレンズ3が配置され、入射する光を均等にマスク7上に照射する。フライアイレンズ3とマスク7の間に、偏光板4が配置されている。偏光板4は、使用する光の波長において、十分な偏光能力を有するものである。

【0044】マスク7は、たとえば石英ガラス板の上に、位相シフトが設けられているものである。この場合、位相シフトの周縁に沿って干渉により光強度が低減する領域が生じる。さらに、光を透過する開口を画定するクロム膜が形成されてもよい。なお、マスク7の下方には、投影レンズ8が配置され、入射する光をウエハ9

上に焦合する。

【0045】マスク7には、図に示すように、Y方向に長い形状の繰り返しを含むパターンが形成されている。この時、偏光板4の偏光方向Pは、マスク7上のパターン方向と平行になるようにY軸方向に設定する。したがって、偏光板4を通過した光は、図に示すように、Y方向に偏光している。

【0046】マスク7上のパターンを通過した光は、回折光を生じ、これら回折光が投影レンズ8によって集光され、ウエハ9上に焦合する。この時、ウエハ9に入射する光の偏光方向が、それぞれY軸方向に揃っているため、これらの光は有効に干渉を生じ、ウエハ9上に結像する。

【0047】図2は、偏光を用いた投影露光による実験に用いたマスクのサンプルパターンのを示す。マスクパターンは、Y方向に長いラインアンドスペースパターン12と、X方向に長いラインアンドスペースパターン14で構成されている。ここで、各パターン12、14は、石英ガラス板状に形成したSiO₂の位相シフトのみによって作製した。

【0048】露光系の光学条件は、露光波長=365nm(i線)、NA=0.54、 $\sigma=0.5$ とした。また、縮小率1/mは1/5とし、ピッチの異なるマスクパターンを複数組形成した。

【0049】なお、パターン12、14を形成する位相シフトの膜厚は約388nmとした。すなわち、位相シフトを通過することにより、波長365nmの光は、 π の位相差を生じる。

【0050】用いたホトレジストは、住友化学から入手することのできる商品名PFI15である。図3(A)は、従来技術に従い、非偏光の光を用いてサンプルパターンを露光したレジストパターンのSEM写真である。また、図3(B)は、Y方向に偏向した光を用いてサンプルパターンを露光したレジストパターンのSEM写真である。

【0051】マスク上で2 μ m(ウエハ上で0.4 μ m)幅の位相シフトをピッチ4 μ mで配置したパターンの結像結果を見ると、従来技術による場合はパターンの方向によらず、十分な解像が得られていない。

【0052】これに対して、図3(B)で示すY方向に偏向した光を用いた露光においては、Y方向に長いパターン12の像は十分解像している。ただし、X方向に長いパターン14は、従来技術におけるよりも解像度が悪い。

【0053】図3(A)(B)の結果を見ると、パターン方向に合わせて、偏光方向を選択することにより、解像度を上げられることが判る。したがって、露光すべきパターンが一方に揃ったパターンである時は、その方向に合わせた直線偏光を用いることにより、高い解像度を得ることができる。たとえば、SAWフィルタの電

極や、回折格子等の露光に利用することができる。

【0054】露光すべきパターンが、X方向のパターンと、Y方向のパターンの混在するものである時は、露光すべきパターンを2種類に分け、それぞれ偏光方向を選択して露光すればよい。

【0055】図4は、本発明の他の実施例による投影露光を説明するための図である。本実施例においては、斜入射照明露光を用いる。光源1、反射鏡2、フライアイレンズ3、マスク7、投影レンズ8、ウエハ9は、図1の実施例で説明したものと同様である。

【0056】フライアイレンズ3とマスク7の間に、光軸に関して対称的に配置した対向する開口を有するしぼり板5が配置されている。しぼり板5は、たとえばアルミニウム板で形成する。しぼり板5の開口部には、偏光板6が配置されている。したがって、光源1を発し、フライアイレンズ3を通過した光は、しぼり板5の光のみが開口部を透過するの偏光板6を通してマスク7に達する。

【0057】マスク7上のパターンが、Y方向に長いパターンである時は、しぼり板5の対向開口をX方向に並べ、偏光板6の偏光方向をY方向にする。このような配置とすることにより、Y方向のパターンを有するマスク7を通過した光は、Y方向の偏光方向を保ったまま結像面上に達し、ウエハ9上で効率的に結像する。

【0058】なお、マスクへの斜入射角度 θ 、として、 $\theta_1 = \sin^{-1} \{ (0.4 \sim 1.0) \times (NA/m) \}$ の範囲にあることが好ましい。

【0059】以上実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。たとえば、図4の構成において、しぼり板5と偏光板6とは別体としてもよい。また、対向開口の形状を矩形等、他の形状としてもよい。

【0060】また、マスク上に偏光の効果を持たせるこ＊

＊とも可能である。その他、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

【0061】

【発明の効果】マスクの方向に合わせ、方向を選択した直線偏光を用いて投影露光を行なうことにより、解像度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例による投影露光を説明するための概略斜視図である。

10 【図2】図1の実施例の露光実験用サンプルのパターン形状を示す概略図である。

【図3】実験結果を示すSEM写真である。

【図4】本発明の他の実施例による投影露光を説明するための斜視図である。

【図5】位相差を利用した露光技術を説明するための概略線図である。

【図6】位相シフトマスクを説明するための概略線図である。

【図7】斜入射照明露光を説明するための概略線図である。

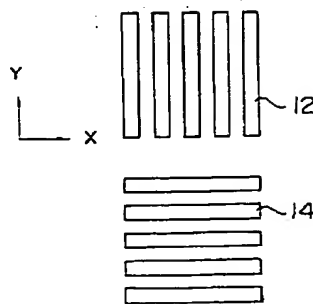
【図8】偏光による結像能力の差を説明するための概略線図である。

【符号の説明】

- 1 光源
- 2 反射鏡
- 3 フライアイレンズ
- 4 偏光板
- 5 しぼり板
- 6 偏光板
- 7 マスク
- 8 投影レンズ
- 9 ウエハ

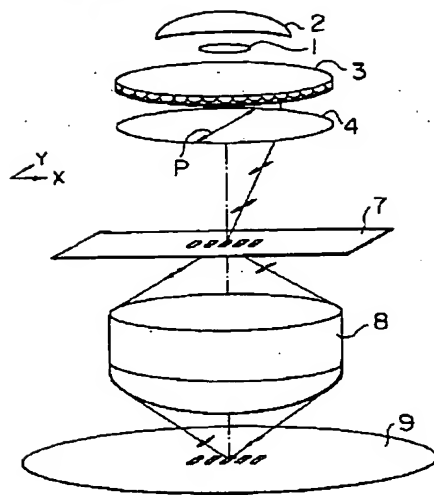
【図2】

実験サンプルパターン



【図1】

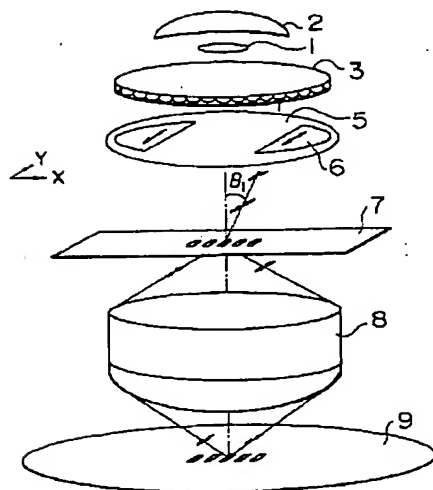
実施例



- 1 … 光源
2 … 反射鏡
3 … フライアイレンズ
4 … 偏光板
7 … マスク
8 … 投影レンズ
9 … ウエハ

【図4】

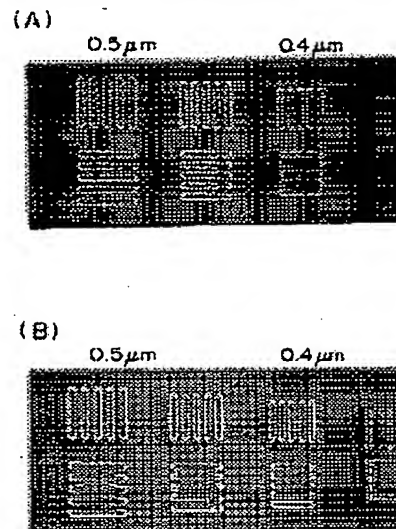
実施例



- 5 … しほり板
6 … 偏光板

【図3】

実験結果

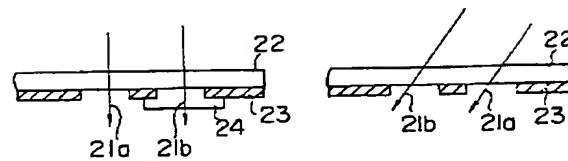


【図5】

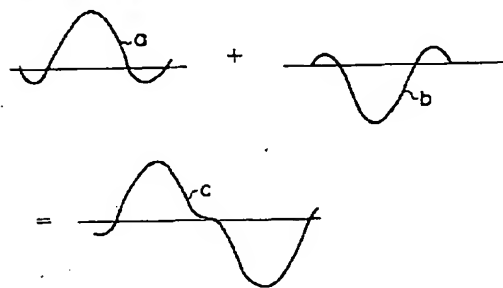
位相差を利用した露光技術

(A) 位相シフトマスク

(B) 斜入射照明



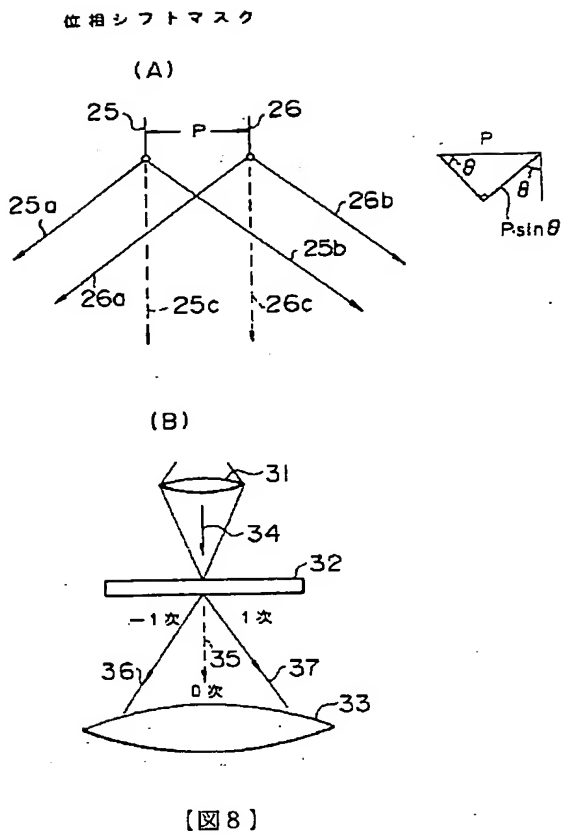
(C) 光の振幅



(D) 光の強度

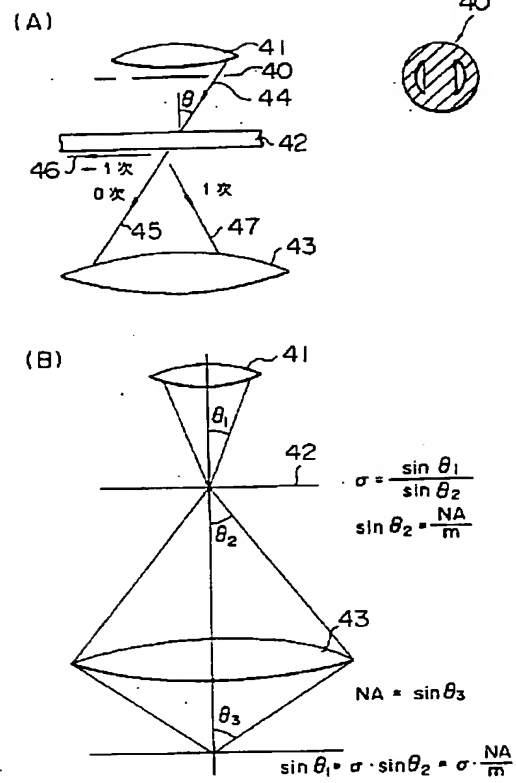


【図6】



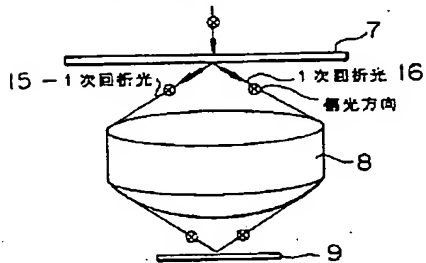
【図7】

斜入射照明露光

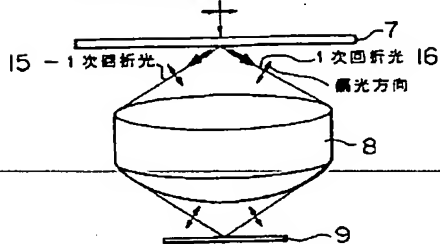


露光による結像能力の差

(A) 平行な場合



(B) 垂直な場合



【手続補正書】

【提出日】平成5年10月27日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図3

*【補正方法】変更

【補正内容】

【図3】実験結果を示す薄膜の顕微鏡写真である。

*

フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁵G 0 3 F 1/08
7/20

識別記号

5 2 1

庁内整理番号

D 7369-2H
7316-2H

F I

技術表示箇所